

554,199

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. November 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/094964 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01F 23/296,  
G01N 9/00, B06B 1/06

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004183

(22) Internationales Anmeldedatum:  
21. April 2004 (21.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10318705.7 24. April 2003 (24.04.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG [DE/DE];  
Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LOPATIN, Sergej  
[RU/DE]; Pestalozzistrasse 51, 79540 Lörrach (DE).  
PFEIFFER, Helmut [DE/DE]; Kichstrasse 26/5, 79585  
Steinen (DE).

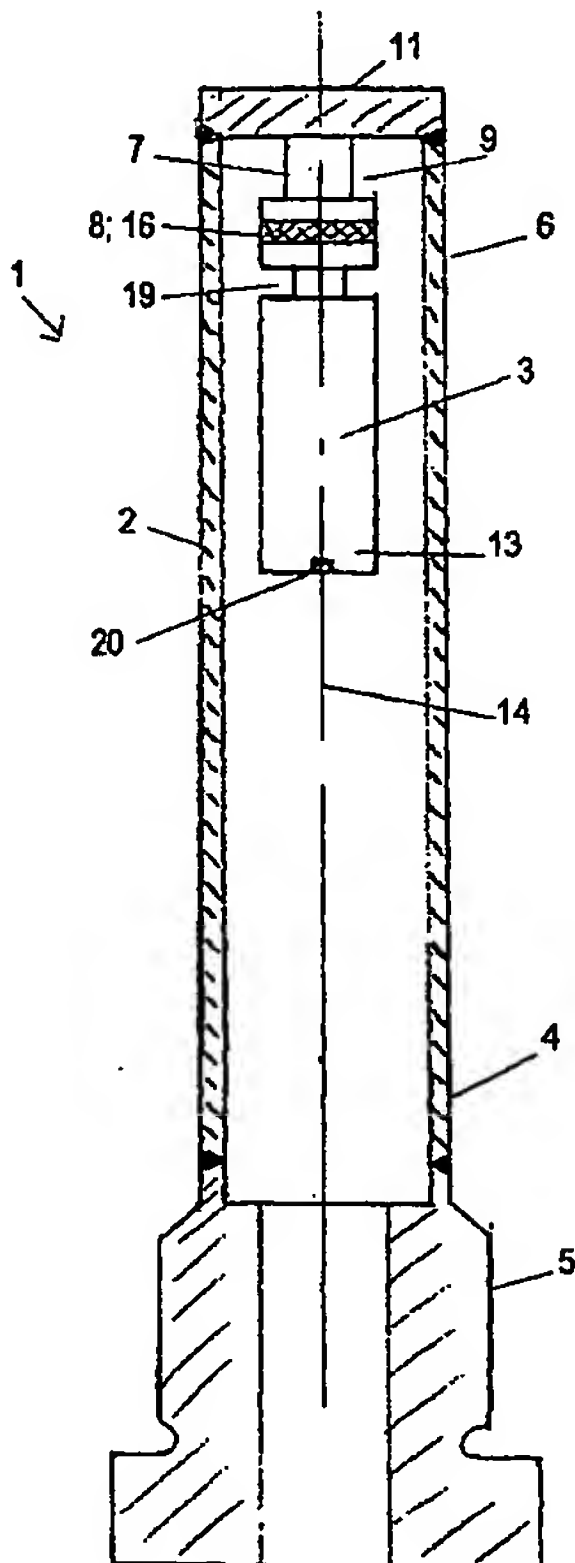
(74) Anwalt: HAHN, Christian; Endress + Hauser (DE) Hold-  
ing GmbH, PatServe, Colmarer Strasse 6, 79576 Weil am  
Rhein (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR DETERMINING AND/OR MONITORING AT LEAST ONE PHYSICAL OR CHEMICAL PROCESS  
VARIABLE OF A MEDIUM IN A CONTAINER

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG UND/ODER ÜBERWACHUNG MINDESTENS EINER PHYSIKA-  
LISCHEN ODER CHEMISCHEN PROZESSGRÖSSE EINES MEDIUMS IN EINEM BEHÄLTER



(57) Abstract: The invention relates to a device for determining and/or monitoring at least one physical or chemical process variable, for example, the level, viscosity or density of a medium in a container, comprising at least one mechanically oscillatory unit (1) and at least one drive/receiving unit (8). The mechanically oscillatory unit consists of a tube (2) and of an inner oscillator (3). The tube (2) is connected via an end (4) oriented away from the process to a fastening unit (5), and the end (6) of the tube (2) oriented toward the process is provided as a free end. The fastening unit is connected directly or, optionally, via another element to the container inside of which the medium is located. The tube (2) surrounds the inner oscillator (3), and the inner oscillator (3) is fastened to an end (7), which is oriented toward the process and which is located at the end (6) of the tube (2) also oriented toward the process. The drive/receiving unit (8) sets the mechanically oscillatory unit (1) in oscillatory motion or it receives the oscillations of the mechanically oscillatory unit (1). The invention provides that the inner oscillator (3) has at least one groove/narrowing (9) that determines at least the oscillation frequency of the mechanically oscillatory unit (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung mindestens einer physikalischen oder chemischen Prozessgröße zum Beispiel Füllstand, Viskosität oder Dichte eines Mediums in einem Behälter mit mindestens einer mechanisch schwingfähigen Einheit (1) und mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit (8). Die mechanisch schwingfähige Einheit besteht aus einer Röhre (2) und einem inneren Schwinger (3). Die Röhre (2) ist mit einem vom Prozess abgewandten Ende (4) mit einer Befestigungseinheit (5) verbunden und das dem Prozess zugewandte Ende (6) der Röhre (2) ist als freies Ende ausgebildet. Die Befestigungseinheit ist direkt oder ggf. über ein weiteres Element mit dem Behälter verbunden, in dem sich das Medium befindet. Die Röhre (2) umgibt den inneren Schwinger (3) und der innere Schwinger (3) ist mit einem dem Prozess zugewandten Ende (7) an dem dem Prozess zugewandten Ende (6) der Röhre (2) befestigt. Die Antriebs/Empfangseinheit (8) regt die mechanisch schwingfähige Einheit (1) zu Schwingungen an, bzw. sie empfängt die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (1). Die Erfindung beinhaltet, dass der innere Schwinger (3) mindestens eine Nut/Verjüngung (9) aufweist, die mindestens die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) bestimmt.

WO 2004/094964 A1



MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN UND/ODER ÜBERWACHUNG MINDESTENS EINER PHYSIKALISCHEN  
ODER CHEMISCHEN PROZESSGRÖSSE EINES MEDIUMS IN EINEM BEHÄLTER

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder  
Überwachung mindestens einer physikalischen oder chemischen  
Prozessgröße eines Mediums mit mindestens einer mechanisch  
schwingfähigen Einheit, die aus einer Röhre und einem inneren Schwinger  
besteht, wobei die Röhre mit einem vom Prozess abgewandten Ende mit einer  
10 Befestigungseinheit verbunden ist, wobei das dem Prozess zugewandte Ende  
der Röhre als freies Ende ausgebildet ist, wobei die Röhre den inneren  
Schwinger umgibt, und wobei der innere Schwinger mit einem dem Prozess  
zugewandten Ende an dem dem Prozess zugewandten Ende der Röhre  
befestigt ist, und mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit, wobei die  
15 Antriebs-/Empfangseinheit die mechanisch schwingfähige Einheit zu  
Schwingungen anregt, bzw. wobei die Antriebs-/Empfangseinheit die  
Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit empfängt. Bei der  
Prozessgröße handelt es sich beispielsweise um den Füllstand, um die  
Viskosität oder um die Dichte eines Mediums. Das Medium kann dabei eine  
20 Flüssigkeit oder ein beliebiges sonstiges Schüttgut sein.

Das Patent DE 692 02 354 T2 beschreibt einen Pegelsensor des Vibratortyps.  
Eine Erfassungsröhreneinheit ist mit einem Ende als festes Ende an einer  
Befestigungseinheit befestigt und am anderen Ende mit einer Endkappe  
25 verschlossen. An dieser Endkappe und in der Röhreneinheit ist ein inneres  
Vibrationsteil befestigt. Das Vibrationsteil weist eine längliche rechteckige  
Stabform auf. An einer Seitenfläche dieses Vibrationsteils ist eine vibrierende  
Einrichtung befestigt. Die Erfassungsröhre, die Endkappe und das innere  
Vibrationsteil bilden zusammen einen Faltausleger. In der Endkappe ist eine  
30 Erfassungseinrichtung angebracht, die Änderungen der Vibration des  
Faltauslegers erfasst. Für eine möglichst optimale Ausgangsspannung der  
Erfassungseinheit sollte laut der Patentschrift das Längenverhältnis zwischen

der Länge der Röhre und der Länge des Vibrationsteils zwischen 1.6 und 3.0 liegen. Ist die Röhreneinheit über eine Membran an der Befestigungseinheit befestigt, so lässt sich ein Vibrationsknoten des Faltauslegers zu der Befestigungseinheit hin bewegen. Dies ermöglicht es, eine kürzere Länge der Röhreneinheit zu benutzen. Mit einer Membran sollte das Längenverhältnis zwischen der Länge der Röhre und der Länge des Vibrationsteils zwischen 1.0 und 2.5 liegen. Ein Nachteil dieses Faltauslegers ist, dass die Länge des Sensors sehr groß ist. Dies kommt daher, dass die Schwingfrequenz des Faltauslegers durch die Masse und durch die Länge des inneren Vibrationsteils bestimmt wird. Um die Schwingfrequenz zu vermindern, muss das innere Vibrationsteil möglichst lang sein. Eine solche Reduzierung der Schwingfrequenz hat den allgemeinen Vorteil, dass sich damit größere Amplituden erreichen lassen und dass dadurch der Sensor eine höhere Anwendungsbreite besitzt. Gleichzeitig zum langen inneren Vibrationsteil ist in den meisten Fällen eine noch größere Länge der Röhre erforderlich. Dieses Längenverhältnis verhindert, dass Schwingungsenergie vom Faltausleger auf den Behälter übertragen wird. Somit ergibt sich eine große Länge des Sensors. Die Membran an der Befestigungseinheit ist eine Möglichkeit der Verkürzung der Länge. Es ist jedoch aus dem Patent DE 37 40 598 C2 zu entnehmen, dass mechanische Fertigungstoleranzen dazu führen, dass der Schwingungsknoten nicht genau an der Membranbefestigung angreift. Somit kann auch hier Energieverlust auftreten. Weiterhin schränkt eine solche Membran mit der Bedingung, dass sich an der Membranbefestigung Schwingungsknoten befinden, die Wahl der Frequenzen der Schwingungen ein. Ein weiterer Nachteil des Patents DE 692 02 354 T2 ist, dass das innere Vibrationsteil eine spezielle Geometrie erfordert, die mit der Anbringung und Ausgestaltung der vibrierenden Einrichtung zusammenhängt. Weiterhin ist neben der vibrierenden Einrichtung für die Anregung noch eine Erfassungseinrichtung für den Empfang erforderlich.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine physikalische oder chemische Prozessgröße eines Mediums zu bestimmen und/oder zu überwachen mit



einer mechanisch schwingfähigen Einheit und einer Antriebs-/Empfangseinheit, wobei die Messgenauigkeit möglichst groß ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der innere  
5 Schwinger mindestens eine Nut/Verjüngung aufweist, die mindestens die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit bestimmt.

Im Wesentlichen hängt die Schwingfrequenz ab vom Massenträgheitsmoment des inneren Schwingers bezogen auf die Drehachse in der Nut/Verjüngung.

10 Weitere Abhängigkeiten ergeben sich von der Biegesteifigkeit des bezeichneten Abschnitts des inneren Schwingers mit Nut/Verjüngung und von dem Massenträgheitsmoment der Röhre bezogen auf die Drehachse in der Einspannung der Befestigungseinheit. Gering beteiligt an der Schwingfrequenz ist noch die Drehsteifigkeit des Bereichs der  
15 Befestigungseinheit, an dem die Röhre befestigt ist. Beispielsweise durch den Durchmesser und/oder die Länge der Nut bzw. der Verjüngung ist die Drehsteifigkeit für den inneren Schwinger definiert. Je nach Ausgestaltung ist auch die Masse des inneren Schwingers betroffen. Dies ist ggf. bei der weiteren Ausgestaltung des inneren Schwingers zu beachten. Da die  
20 Drehsteifigkeit u.a. die Schwingfrequenz mitbestimmt, kann über die Ausgestaltung und/oder die Position der Nut/Verjüngung die Arbeitsfrequenz passend eingestellt werden. Somit kann über die Dimensionierung und/oder die Position der Nut, bzw. der Verjüngung die Schwingfrequenz reduziert werden, wodurch die Amplitude der Schwingung zunimmt. Für die weitere,  
25 feinere Festlegung der Schwingfrequenz bzw. der Amplitude ist auch – wie oben bereits angemerkt – die weitere Ausgestaltung relevant. Bei der Variante der Ausgestaltung als Nut ist der Vorteil, dass der innere Schwinger als Drehteil ausgebildet ist, was kostensparend ist. Die Nut oder Verjüngung ist bevorzugt rotationssymmetrisch ausgeführt, so dass u.a. keine Unwucht  
30 auftritt. Weiterhin sollte auch beachtet werden, dass der innere Schwinger durch die Nut/Verjüngung immer noch so stabil ist, dass sich durch die Schwingung keine Verformung o.ä. ergeben kann.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass sich die Nut/Verjüngung in Richtung des dem Prozess zugewandten Endes des inneren Schwingers befindet. Die Nut/Verjüngung befindet sich also optimal zwischen dem  
5 Übergang zwischen der Röhre und dem inneren Schwinger. Auf diese Weise ist die träge Masse des inneren Schwingers oberhalb der Nut/Verjüngung am größten. Weiterhin ist dies der Punkt, an dem die Kräfte wirken und wo sich also auch die Drehsteifigkeit auswirkt. Die Positionierung der Nut/Verjüngung hängt jedoch auch von der Position und Ausgestaltung der Antriebs-  
10 /Empfangseinheit ab, so dass die Antriebs-/Empfangseinheit optimal wirken, bzw. optimal empfangen kann bzw. dass möglichst keine destruktiven Kräfte und Momente auf den inneren Schwinger wirken.

Während der Schwingbewegung übertragen die schwingenden Teile (Röhre  
15 und innerer Schwinger) Kräfte und Drehmomente, die von der Befestigungseinheit als Reaktionskräfte und –momente aufgenommen werden. Die Befestigungseinheit oder Basiseinheit ist direkt oder ggf. über ein weiteres Element mit dem Behälter verbunden, in dem sich das Medium befindet. Um die Kopplung zum Behälter und somit den möglichen  
20 Energieverlust zu vermeiden, muss dafür gesorgt werden, dass die mechanisch schwingfähige Einheit im energetischen Gleichgewicht steht. Das bedeutet, dass die Summe der Kräfte und Drehmomente, die während der Schwingbewegung von den Einzelkomponenten erzeugt werden, in der Befestigungseinheit im Wesentlichen Null sind.

25 Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass ein zusätzliches Gewicht in der Befestigungseinheit vorgesehen ist. Mit dieser Ausgestaltung wird die mechanisch schwingfähige Einheit bezüglich einer Übertragung von Schwingungsenergie im Wesentlichen von der Befestigungseinheit entkoppelt.  
30 Weiterhin hat das Gewicht auch den Nutzen, die Einspannung schwingungstechnisch stabiler zu machen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sehen vor, dass die Röhre und/oder der innere Schwinger einen runden, elliptischen, quadratischen oder polygonalen Querschnitt aufweist. Für die Geometrie gibt es also kaum Vorgaben oder Grenzen. Ein runder Querschnitt der Röhre hat den Vorteil, dass die Gefahr reduziert wird, dass die mechanisch schwingfähige Einheit durch das Material verbogen werden kann. Damit lässt sich auch ein Einbau an einer beliebigen Stelle im Behälter des Mediums realisieren. Weiterhin ist bei einem runden Querschnitt die Herstellung einfach und preisgünstig.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sehen vor, dass der innere Schwinger hohl, massiv oder teilweise hohl und teilweise massiv ist. Es sollte gewährleistet sein, dass der innere Schwinger trotz der Nut, bzw. der Verjüngung in diesem Bereich stabil genug ist, d.h. er darf durch die Schwingungen nicht abbrechen. Da für den inneren Schwinger die Masse eine wichtige Rolle spielt, ist es sinnvoll, ihn als Vollmaterial auszugestalten. Bei einer hohlen Röhre würde die Schwingfrequenz erhöht werden. Dadurch ergibt sich natürlich wieder eine Möglichkeit, die Schwingfrequenz einzustellen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass in der Antriebs-/Empfangseinheit nur eine einzige Piezoeinheit vorgesehen ist, die als Antriebs- und als Empfangseinheit dient. Eine andere Ausgestaltung beinhaltet, dass in der Antriebs-/Empfangseinheit mindestens zwei Piezoeinheiten vorgesehen sind, wobei mindestens eine Piezoeinheit als Antriebseinheit und mindestens eine Piezoeinheit als Empfangseinheit dient, wobei die Piezoeinheiten an der gleichen Position positioniert sind. Dies ermöglicht, den Einbau der Piezoeinheit und die Konstruktion von Röhre, innerem Schwinger und anderen möglichen Fixierelementen deutlich zu vereinfachen. Dies vereinfacht auch die Verkabelung der Piezoeinheit. Weitere Vorteile bei der Verwendung nur einer Einheit liegen in den geringeren Herstellungskosten. Ein weiterer Vorteil ist, dass eine vom Schwinger unabhängige Baugruppe hergestellt wird, die vor dem Einbau geprüft und getestet werden kann, was in der Produktion immer erwünscht ist.

Die Piezoeinheiten sind üblicherweise eingespannt. Bei einer solchen Piezoeinheit ist es auch u.a. für die Effektivität bedeutend, dass der innere Schwinger möglichst mit der ganzen Oberfläche der Piezoeinheiten verbunden ist, dass also z.B. die Nut/Verjüngung nicht direkt auf der Piezoeinheit sitzt, die  
5 einen deutlich größeren Durchmesser aufweist. Diese und ähnliche Erwägungen für die Ausgestaltung liegen der fachlich qualifizierten Person nahe und hängen stark von der Art und den detaillierten Bedingungen der konkreten Realisierung ab.

10 Eine ganz besonders vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei der Piezoeinheit um ein piezo-elektrisches Element handelt, das aus mindestens zwei Segmenten besteht, die in einander entgegengesetzter Richtung polarisiert sind, wobei die Polarisationsrichtungen parallel zu einer Rotationsachse der mechanisch schwingfähigen Einheit liegen. Wird eine  
15 Spannung an die Ober- und Unterseite dieser Piezoeinheit gelegt, so zieht sich das eine Segment zusammen und das andere Segment dehnt sich aus, d.h. das eine Segment hat eine geringere, das andere eine größere Höhe. Diese spezielle Piezoeinheit hat somit den großen Vorteil, dass sich direkte Kippbewegungen, bzw. Drehbewegungen erzeugen, bzw. detektieren lassen.

20 Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Antriebs-/Empfangseinheit zwischen dem dem Prozess zugewandten Ende des inneren Schwingers und dem dem Prozess zugewandten Ende der Röhre positioniert ist. Diese Positionierung in Verbindung mit der besonders ausgestalteten Piezoeinheit dient dazu, dass  
25 die mechanisch schwingfähige Einheit zu direkten Kippbewegungen, bzw. zu Drehbewegungen angeregt wird, bzw. dass Schwingungen, die aus solchen Bewegungen bestehen, empfangen werden. Weitere Vorteile sind, dass es sich um einfach und leicht zu montierende Einzelteile handelt, dass eine direkte und starre Kopplung mit dem Schwinger erzeugt wird, und dass axiale  
30 Bewegungen, z.B. Störungen, aufgrund der verschiedenen Polarisationsrichtungen der Piezoeinheit nicht empfangen werden. Weiterhin



handelt es sich um eine preisgünstige Lösung, da weniger Einzelteile benötigt werden.

5 Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der inneren Schwinger mindestens eine zweite Nut/Verjüngung aufweist. Damit verbunden ist eine Ausgestaltung, die beinhaltet, dass die Antriebs-/Empfangseinheit zwischen der ersten Nut/Verjüngung und der zweiten Nut/Verjüngung positioniert ist. Die erste Nut/Verjüngung befindet sich dabei sehr nah an der Endkappe, also am Ende des dem Prozess zugewandten Endes des inneren Schwingers und auch der  
10 Röhre. Die Antriebs-/Empfangseinheit befindet sich auch möglichst nah an diesem Ende, bzw. nah an der Fixierung des inneren Schwingers, so dass eine optimale Ausnutzung der Schwingungsenergie erfolgen kann. Um die direkten Kippbewegungen zu erhalten, ist dafür auch die Piezoeinheit mit den entgegengerichteten Polarisationen sehr effektiv. Dieser Aufbau erhöht die  
15 Messempfindlichkeit des Sensors.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.  
Es zeigt:

20 Fig. 1: einen Querschnitt durch eine Realisierung der Vorrichtung;

Fig. 2: eine schematische Verdeutlichung der Schwingungen  
und der auftretenden Kräfte; und

25 Fig. 3: einen Querschnitt durch eine weitere Realisierung der Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine Realisierung der Vorrichtung. Die mechanisch schwingfähige Einheit 1 besteht aus einer Röhre 2 und einem  
30 inneren Schwinger 3. Die Röhre 2 verfügt über zwei Enden. Das eine ist dem Prozess zugewandt 6, das andere ist vom Prozess abgewandt 4. Mit dem vom Prozess abgewandten Ende 4 ist die Röhre 2 an einer Befestigungseinheit 5

befestigt. In dem hier gezeigten Fall ist das vom Prozess abgewandte Ende 4 in einem Einschraubstück 10 befestigt. Bei dem Einschraubstück 10 kann es sich auch um eine Membran in der Befestigungseinheit 5 handeln. Die Ausgestaltung der Membran 10 bestimmt dabei u.a. auch die

5 Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1. Eine Membran liegt dann vor, wenn der Durchmesser einer Befestigungsscheibe sehr viel größer ist als deren Dicke. Oder für eine Ringmembran sollte die Differenz des Außendurchmessers und Innendurchmessers sehr viel größer sein als die Dicke der Membran. Die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen

10 Einheit 1 vermindert sich mit abnehmender Membrandicke. Gleichzeitig nimmt jedoch auch die Amplitude der Schwingung der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 ab. Weiterhin ist in dieser Ausführung auch ein zusätzliches Gewicht 12 in der Befestigungseinheit 5 vorgesehen, das zum einen die

15 Befestigungseinheit 5 stabiler macht und zum anderen zur Entkopplung der schwingfähigen Einheit 1 von der Befestigungseinheit 5 beiträgt. An dem dem Prozess zugewandten Ende 6 der Röhre 2 ist eine Endkappe 11 befestigt. In der Endkappe 11 ist eine Bohrung 17 vorgesehen, in die das Fixierelement 18 des dem Prozess zugewandten Endes 7 des inneren Schwingers 3 zur

20 Verbindung des inneren Schwingers 3 mit der Röhre 2 eingebracht wird. Eine solche Schraubverbindung 17, 18 ermöglicht es z.B., den inneren Schwinger 3 auch bei einer sehr langen Röhre 2 am dem Prozess zugewandten Ende 6 der Röhre 2 leicht und umstandsreduziert zu fixieren. Eine längere Röhre 2 könnte z.B. für spezielle Medien erforderlich sein oder für spezielle Behälter. Zum

25 Verschrauben ist es auch sinnvoll, das vom Prozess abgewandte Ende 13 des inneren Schwingers 3 mit einem Schlitz zu versehen, so dass z.B. das Einschrauben mittels eines Schraubendrehers möglich ist (siehe dazu auch Fig. 3). Die Antriebs-/Empfangseinheit 8, die die mechanisch schwingfähige

30 Einheit 1 zu Schwingungen anregt, bzw. die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 empfängt, ist in dem Ausführungsbeispiel zwischen dem inneren Schwinger 3 und der Endkappe 11 an der Röhre 2 fixiert. Aufgrund der Fixierung des inneren Schwingers 3 über das Fixierelement 18 ist die Antriebs-/Empfangseinheit 8 in diesem Fall als Ring ausgebildet. Bei

der Antriebs-/Empfangseinheit 8 handelt es sich bevorzugt um mindestens eine Piezoeinheit 16. Sind für Antrieb und Empfang unterschiedliche Piezoeinheiten 16 vorgesehen, so befindet sich auch diese Mehrzahl an Piezoeinheiten 16 an der gleichen Position, z.B. innerhalb eines Stapels. Eine piezoelektrische Einheit mit zwei einander entgegengesetzten Polarisierungen kann an dieser Position direkte Kippschwingungen erzeugen. Beim inneren Schwinger 3 handelt es sich im dargestellten Fall um einen soliden Rundstab. Weitere Formen sind jedoch auch möglich. Der Schwinger 3 weist in Richtung des dem Prozess zugewandten Endes 7 eine Nut 9 auf. Eine Verjüngung wäre als Realisierung ebenfalls möglich. Die Nut/Verjüngung 9 ist hier als rotationssymmetrisch vorgesehen. Andere Ausgestaltungen liegen der fachlich qualifizierten Person nahe. Besonders der Durchmesser und die Länge dieser Nut 9 bestimmen die Drehsteifigkeit  $C_1$  des Abschnitts des inneren Schwingers 3 in diesem Nut-Bereich. Über diese Drehsteifigkeit  $C_1$  und das Massenträgheitsmoment  $\theta_1$  des inneren Schwingers 3 ist wiederum die Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3 bestimmt. Somit hat die Dimensionierung der Nut 9 direkte Auswirkungen auf die Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3. Die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 entspricht der Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3 im gekoppelten Zustand mit der Röhre 2. Zusätzlich wird diese Schwingfrequenz beeinflusst durch das Massenträgheitsmoment der Röhre 2 und deren Biegesteifigkeit. Dies allerdings nur gering, solange die Resonanzfrequenz der Röhre 2 sehr viel kleiner ist als die Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3. Somit ist es möglich, über die Nut 9 und/oder deren Position die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 zu beeinflussen.

Die Grundidee der Erfindung besteht also darin, dass die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 durch die Nut/Verjüngung 9 einstellbar ist. Eine kleinere Schwingfrequenz führt bei gleicher Anregungsenergie zu einer höheren Amplitude. Diese Nut/Verjüngung ermöglicht somit, dass der innere Schwinger 3 kürzer ausgeführt werden

kann. Relevante Größen bzgl. der Nut/Verjüngung 9 sind dabei deren Ausgestaltung (Durchmesser, Länge) und deren Position am inneren Schwinger 3.

5 In Fig. 2 sind die wirkenden und auftretenden Kräfte und Momente der Fig. 1 detailliert dargestellt. Hierbei ist auch zu sehen, dass die Röhre 2 und der innere Schwinger 3 einander entgegengesetzt schwingen. Während der Schwingbewegung übertragen die schwingenden Teile 2, 3 Kräfte  $F_i$ ,  $F_a$  und Drehmomente  $M_i$  und  $M_a$ , die von der Befestigungseinheit 5 als  
10 Reaktionskräfte  $F_r$  bzw. -momente  $M_r$  aufgenommen werden. Um eine Kopplung zum Behälter und somit Energieverlust bzw. eine Störung durch Schwingungen des Behälters zu vermeiden, muss dafür gesorgt werden, dass die mechanisch schwingfähige Einheit 1 im energetischen Gleichgewicht steht. Das bedeutet, dass die Summe der Kräfte und Drehmomente, die  
15 während der Schwingbewegung erzeugt werden, in der Befestigungseinheit 5 Null sein müssen. Die Forderungen sind, dass die an den Schwerpunkten des inneren Schwingers 3  $S_i$  und der Röhre 2  $S_a$  wirkenden Kräfte  $F_i$  und  $F_a$  gleich groß sind:  $F_i = F_a$ . Ebenfalls müssen die Drehmomente des inneren Schwingers  $M_i$  und der Röhre  $M_a$  gleich sein:  $M_i = M_a$ . Sind diese beiden  
20 Bedingungen nahezu erfüllt, werden nur zu vernachlässigende Kräfte  $F_r$  oder Momente  $M_r$  auf die Befestigungseinheit 5 übertragen und es kommt zu keinem nennenswerten Energieverlust der mechanisch schwingfähigen Einheit 1.

25 In Fig. 3 ist eine Ausgestaltung dargestellt, in der der innere Schwinger 3 zwei Verjüngungen 9 und 19 aufweist. Die Antriebs-/Empfangseinheit 8, bzw. in diesem Falle die Piezoeinheit 16 mit den beiden Segmenten, deren Polarisierung einander entgegengesetzt ist, befindet sich zwischen den beiden Verjüngungen 9 und 19. Durch die Ausgestaltung der Piezoeinheit 16 führt  
30 eine an die Piezoeinheit 16 angelegte Spannung dazu, dass sich das eine Segment der Piezoeinheit 16 zusammenzieht und dass sich das andere Segment ausdehnt. Somit wird direkt eine Kippbewegung erzeugt, über die

sich die Schwingungen ergeben. Die Befestigungseinheit 5 ist hier solider als in Fig. 1 ausgeführt, bzw. das zusätzliche Gewicht 12 ist hier Teil der Befestigungseinheit 5. In dieser Abbildung ist auch die Einkerbung 20 im inneren Schwinger 3 zu sehen, über die der innere Schwinger 3 z.B. mit einem Schraubendreher in die Endkappe 11 der Röhre 2 eingeschraubt werden  
5 kann. Dies ist auch ein Beispiel für die sehr einfach zu montierende und somit auch kostengünstige Ausgestaltung der mechanisch schwingfähigen Einheit 1.



**Bezugszeichenliste**

	1	Mechanisch schwingfähige Einheit
	2	Röhre
5	3	Innerer Schwinger
	4	Vom Prozess abgewandtes Ende der Röhre
	5	Befestigungseinheit
	6	Dem Prozess zugewandtes Ende der Röhre
	7	Dem Prozess zugewandtes Ende des inneren Schwingers
10	8	Antriebs-/Empfangseinheit
	9	Nut/Verjüngung
	10	Einschraubstück
	11	Endkappe
	12	Zusätzliches Gewicht
15	13	Vom Prozess abgewandtes Ende des inneren Schwingers
	14	Rotationsachse
	16	Piezoeinheit
	17	Bohrung
20	18	Fixiereinheit
	19	Zweite Nut/Verjüngung
	20	Einkerbung

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung mindestens einer physikalischen oder chemischen Prozessgröße eines Mediums  
5 mit mindestens einer mechanisch schwingfähigen Einheit (1),  
die aus einer Röhre (2) und einem inneren Schwinger (3) besteht,  
wobei die Röhre (2) mit einem vom Prozess abgewandten Ende (4) mit einer Befestigungseinheit (5) verbunden ist,  
wobei das dem Prozess zugewandte Ende (6) der Röhre (2) als freies Ende  
10 ausgebildet ist,  
wobei die Röhre (2) den inneren Schwinger (3) umgibt, und  
wobei der innere Schwinger (3) mit einem dem Prozess zugewandten Ende (7) an dem dem Prozess zugewandten Ende (6) der Röhre (2) befestigt ist,  
und  
15 mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit (8),  
wobei die Antriebs-/Empfangseinheit (8) die mechanisch schwingfähige Einheit (1) zu Schwingungen anregt, bzw.  
wobei die Antriebs-/Empfangseinheit (8) die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) empfängt,  
20 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass der innere Schwinger (3) mindestens eine Nut/Verjüngung (9) aufweist,  
die mindestens die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) bestimmt.
- 25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass sich die Nut/Verjüngung (9) in Richtung des dem Prozess zugewandten Endes (7) des inneren Schwingers (3) befindet.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**  
dass ein zusätzliches Gewicht (12) in der Befestigungseinheit (5) vorgesehen ist.

- 5      4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Röhre (2) und/oder der innere Schwinger (3) einen runden, elliptischen, quadratischen oder polygonalen Querschnitt aufweist.
- 10     5. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der innere Schwinger (3) hohl, massiv oder teilweise hohl und teilweise massiv ist.
- 15     6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass in der Antriebs-/Empfangseinheit (8) nur eine einzige Piezoeinheit (16) vorgesehen ist, die als Antriebs- und als Empfangseinheit dient.
- 20     7. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass in der Antriebs-/Empfangseinheit (8) mindestens zwei Piezoeinheiten (16) vorgesehen sind, wobei mindestens eine Piezoeinheit (16) als Antriebseinheit und mindestens eine Piezoeinheit (16) als Empfangseinheit  
25     dient, wobei die Piezoeinheiten (16) an der gleichen Position positioniert sind.
- 30     8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass es sich bei der Piezoeinheit (16) um ein piezo-elektrisches Element handelt, das aus mindestens zwei Segmenten besteht, die in einander  
entgegengesetzter Richtung polarisiert sind, wobei die Polarisationsrichtungen

parallel zu einer Rotationsachse (14) der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) liegen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 6, 7 oder 8,

5 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Antriebs-/Empfangseinheit (8) zwischen dem dem Prozess zugewandten Ende (7) des inneren Schwingers (3) und dem dem Prozess zugewandten Ende (6) der Röhre (2) positioniert ist.

10 10. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 6, 7 oder 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

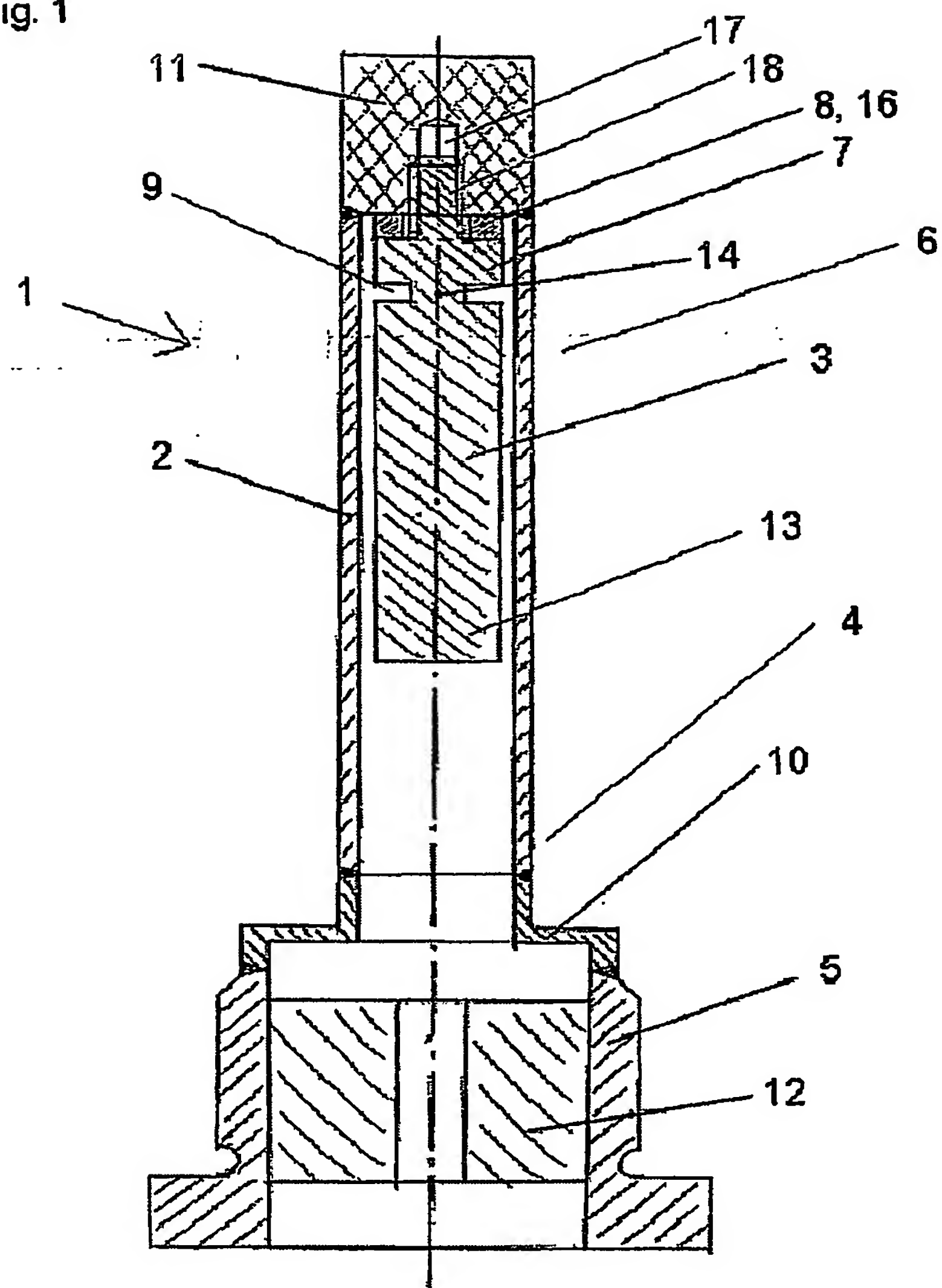
dass der inneren Schwinger (3) mindestens eine zweite Nut/Verjüngung (19) aufweist.

15 11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Antriebs-/Empfangseinheit (8) zwischen der ersten Nut/Verjüngung (9) und der zweiten Nut/Verjüngung (19) positioniert ist.

Fig. 1





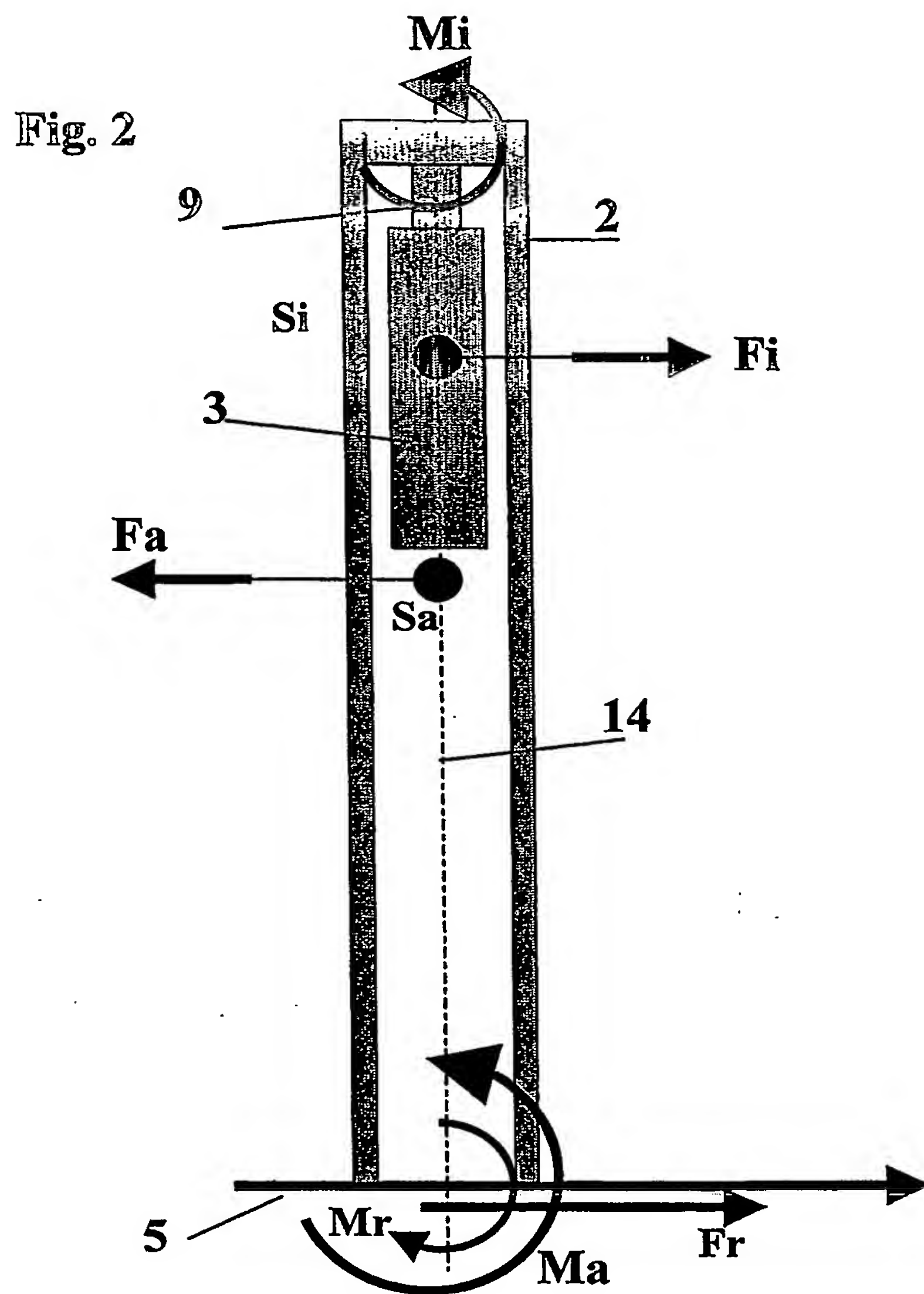
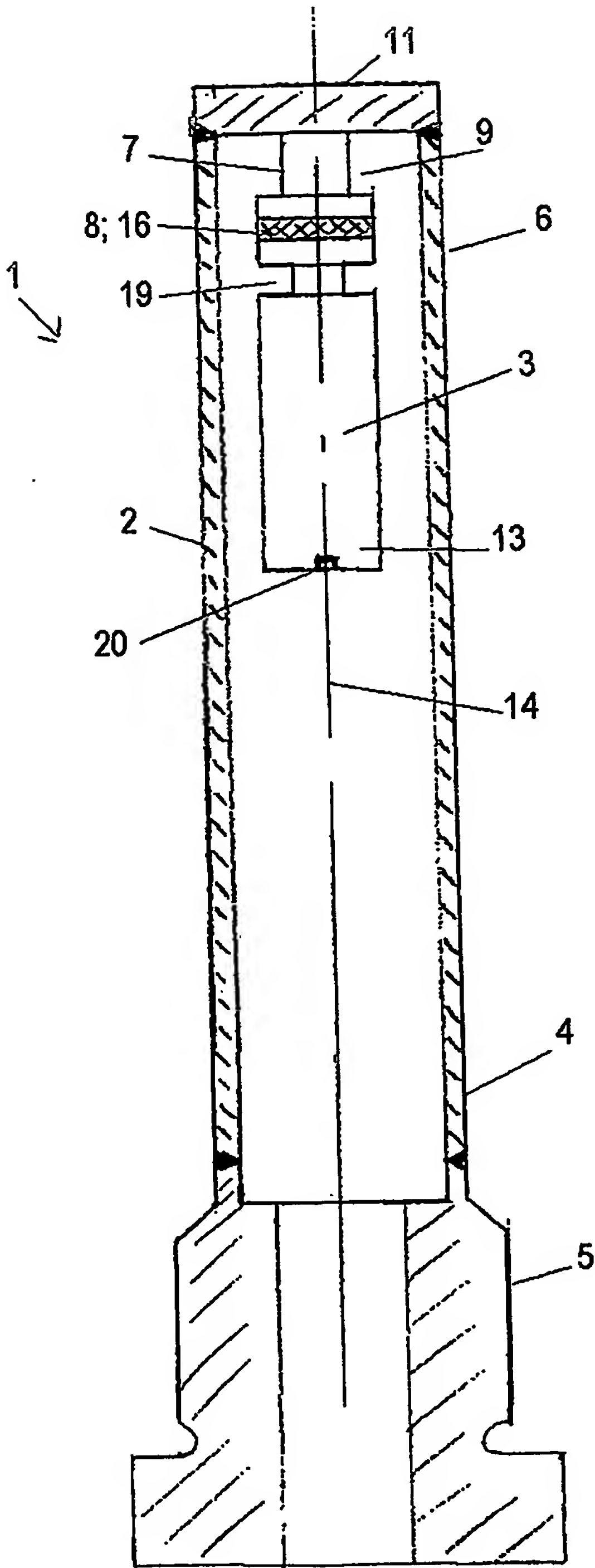


Fig. 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/004183

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01F23/296 G01N9/00 B06B1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01F G01N B06B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 499 265 A (NOHKEN INC) 19 August 1992 (1992-08-19)	1-6, 9-11
Y	column 4, line 46 -column 10, line 4; examples 1-9	8
X	DE 39 12 038 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 18 October 1990 (1990-10-18) column 5, line 66 -column 6, line 21 column 9, line 59 -column 10, line 40 figure 8	1, 2, 4, 5, 7
Y	EP 0 875 739 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 4 November 1998 (1998-11-04) abstract; figures 1-3	8
A	DE 37 34 077 A (NOHKEN INC) 20 April 1989 (1989-04-20) column 2, line 57-63	3
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2004

Date of mailing of the international search report

30/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roetsch, P

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/004183

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	DE 102 60 088 A (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG) 5 August 2004 (2004-08-05) abstract; figures 2-3,54-6,11 -----	6-8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/004183

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0499265	A	19-08-1992	JP 3008991 B2	14-02-2000
			JP 4259823 A	16-09-1992
			CA 2060908 A1	15-08-1992
			DE 69202354 D1	14-06-1995
			DE 69202354 T2	14-09-1995
			EP 0499265 A2	19-08-1992
			FI 920606 A	15-08-1992
			KR 9615076 B1	24-10-1996
			US 5247832 A	28-09-1993
DE 3912038	A	18-10-1990	DE 3912038 A1	18-10-1990
EP 0875739	A	04-11-1998	EP 0875739 A1	04-11-1998
			CA 2234786 A1	30-10-1998
			JP 2880502 B2	12-04-1999
			JP 10339656 A	22-12-1998
			US 5969621 A	19-10-1999
DE 3734077	A	20-04-1989	US 4740726 A	26-04-1988
			DE 3734077 A1	20-04-1989
			GB 2210689 A , B	14-06-1989
DE 10260088	A	05-08-2004	DE 10260088 A1	05-08-2004
			WO 2004057283 A1	08-07-2004



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/004183

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01F23/296 G01N9/00 B06B1/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01F G01N B06B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 499 265 A (NOHKEN INC) 19. August 1992 (1992-08-19)	1-6,9-11
Y	Spalte 4, Zeile 46 -Spalte 10, Zeile 4; Beispiele 1-9	8
X	DE 39 12 038 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 18. Oktober 1990 (1990-10-18) Spalte 5, Zeile 66 -Spalte 6, Zeile 21 Spalte 9, Zeile 59 -Spalte 10, Zeile 40 Abbildung 8	1,2,4,5, 7
Y	EP 0 875 739 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 4. November 1998 (1998-11-04) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3	8
A	DE 37 34 077 A (NOHKEN INC) 20. April 1989 (1989-04-20) Spalte 2, Zeile 57-63	3
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. August 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/08/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Roetsch, P

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/004183

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	DE 102 60 088 A (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG) 5. August 2004 (2004-08-05) Zusammenfassung; Abbildungen 2-3,54-6,11 -----	6-8

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/004183

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0499265	A	19-08-1992	JP	3008991 B2	14-02-2000
			JP	4259823 A	16-09-1992
			CA	2060908 A1	15-08-1992
			DE	69202354 D1	14-06-1995
			DE	69202354 T2	14-09-1995
			EP	0499265 A2	19-08-1992
			FI	920606 A	15-08-1992
			KR	9615076 B1	24-10-1996
			US	5247832 A	28-09-1993
<hr/>					
DE 3912038	A	18-10-1990	DE	3912038 A1	18-10-1990
<hr/>					
EP 0875739	A	04-11-1998	EP	0875739 A1	04-11-1998
			CA	2234786 A1	30-10-1998
			JP	2880502 B2	12-04-1999
			JP	10339656 A	22-12-1998
			US	5969621 A	19-10-1999
<hr/>					
DE 3734077	A	20-04-1989	US	4740726 A	26-04-1988
			DE	3734077 A1	20-04-1989
			GB	2210689 A , B	14-06-1989
<hr/>					
DE 10260088	A	05-08-2004	DE	10260088 A1	05-08-2004
			WO	2004057283 A1	08-07-2004